

工业废渣建筑制品丛书

煤矸石水泥及 建筑制品

中国建筑工业出版社

81.5961
401

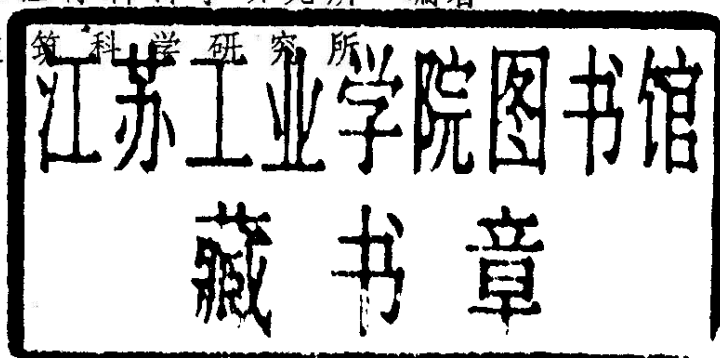
工业废渣建筑制品丛书

煤矸石水泥及建筑制品

建筑材料科学研究院水泥研究所

河南建筑工程材料科学研究所 编著

重庆市建筑科学研究所



中国建筑工业出版社

全书共分三篇。第一篇重点介绍煤矸石作原、燃料烧制水泥的经验，并简要叙述了用煅烧煤矸石作水泥混合材料及配制煤矸石无熟料水泥的做法。第二、三篇介绍以煤矸石作骨料，以煅烧煤矸石配制的无熟料水泥作胶结料，生产空心砌块、砌块及其他建筑构件的经验。文章并对煤矸石混凝土及其制品的强度、耐久性、钢筋锈蚀等性能进行了探讨，介绍了几个建筑应用实例。

本书第一、二、三篇分别由秦至刚、侯清照、孟昭富执笔编写，全书请东北建筑设计院陶自强审阅。

工业废渣建筑制品丛书

煤矸石水泥及建筑制品

建筑材料科学研究院水泥研究所

河南建筑工程材料科学研究所 编著

重庆市建筑科学研究所

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省固安县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：7½ 字数：168 千字

1982年11月第一版 1982年11月第一次印刷

印数：1— 4,200册 定价：0.78元

统一书号：15040·4310

前 言

煤矸石是夹在煤层间的脉石，在开采和洗选过程中可将它分离出来。它实际上是含碳岩石和其他岩石的混合物。大多数含碳岩石的组成是粘土矿物和 α -石英，化学成分主要是 SiO_2 和 Al_2O_3 。其他岩石是砂岩和页岩。巷道掘进矸石中，则多为砂岩。

煤是我国的主要能源。煤炭产量逐年增长，煤矸石的数量也随之增加。据煤炭部统计，全国煤矸石积存量已超过十亿吨，每年排出七千多万吨。其中热值为2000千卡/公斤的占1500万吨，各洗煤厂还有热值1500~2000千卡/公斤的洗矸1500多万吨，合计3000多万吨可供燃烧的煤矸石。据建筑材料科学研究院初步统计，全国大中型水泥厂和部分小水泥厂附近地区积存的煤矸石约有一亿二千多万吨。煤矸石占地大，污染严重，有的新建煤炭基地，几乎无地可占，影响产煤的发展。如何加以有效利用，已越来越为人们所重视。

煤矸石综合利用的途径很多，如烧沸腾锅炉、生产矸石煤气作为燃料，提取化工产品作为原料等。但从目前技术水平和经济效果考虑，从煤矸石中提取其它有用成分是有限度的，大量废渣必须寻找新的利用途径。

世界经济的发展要求建造越来越多的建筑物，建筑材料的需要量与日俱增。许多经济发达国家都把建筑材料当作国民经济的支柱和先行之一。过去，建筑材料沿用天然矿物加工而成，这些矿物由于大量开采而储量日益减少。因此，利

用煤矸石制造建筑材料引起了许多工业发达国家的重视，甚至把包括煤矸石在内的工业废渣称为“新资源”加以利用。用煤矸石生产的建筑材料品种越来越多，规模越来越大，科学研究工作越来越深，有些材料的质量比天然原料还要优良。例如，英、法、波、苏、日等国都研究过煤矸石生产水泥，比利时C.B.R.水泥厂在年产百万吨的多波尔窑上采用煤矸石代土生产水泥，西德为南朝鲜设计最终规模为年产560万吨的东海水泥厂也采用部分煤矸石代土。英、法、比、波、苏、美等国采用煤矸石烧砖，制造砌块、加气混凝土和轻骨料，还有生产矿棉、耐热混凝土和用作筑路材料等。

我国党和政府对综合利用煤矸石的研究十分重视，多年来都列为国家重点科研项目。全国有关部门广大职工在大搞煤矸石综合利用方面取得了较好的成效。1978年，仅煤炭部、建材部就利用了1458万吨。

建筑材料科学研究院水泥科学研究所研究立窑石煤烧水泥和调查研究、总结各地搞煤矸石作原、燃料生产水泥经验的基础上，和南票、邯郸、辰溪等地一起，系统的进行了在立窑、回转窑上用煤矸石作原、燃料生产水泥的工业性研究试验。通过实践体会到利用不同成分的煤矸石不仅可以生产普通水泥，而且能够生产特种水泥。利用煤矸石生产水泥，既将煤矸石作为原料、又作为能源加以综合利用，变废为宝、保护环境。这是广开能源门路、扩大原料来源，发展水泥工业的重要措施，也是煤矸石综合利用的一条重要途径。

利用煤矸石生产水泥用掉的煤矸石数量必竟是不多的。河南建筑工程材料科研所、重庆市建筑科学研究所等单位研究将物理力学性能符合要求的煤矸石作为骨料，并用煤矸石制作无熟料水泥，制成砌块、空心砌块及其他建筑构件。这

样，利用煤矸石的数量就大大增加。这不仅为综合利用煤矸石，发展建筑材料及其制品闯出了新路，而且为节约能源创造了条件。

资源开发、能源利用和环境保护是目前世界致力研究的重要课题。煤矸石生产水泥和其他建筑构件的内容，恰与三大课题都有关系。

为了推广已有成果，促进煤矸石生产水泥和其他建筑构件的制作，本书拟将各地利用煤矸石生产水泥和制品的经验进行总结，按煤矸石生产水泥（包括作混合材料、少熟料水泥等）、煤矸石空心砌块和湿碾煤矸石混凝土三篇文章汇编出版。着重介绍其生产工艺、制品性能及使用情况，供读者参考。

本书分别由建筑材料科学研究院水泥科学研究所、河南建筑工程材料科研所、重庆市建筑科学研究所编写。秦至刚、侯清照、孟昭富执笔。许多研究单位、情报所及有关厂矿和使用单位提供了大量资料、图片，在此谨表感谢。

目 录

前 言

第一篇 煤矸石生产水泥	1
第一章 煤矸石作原燃料生产水泥	1
第一节 概述	1
第二节 煤矸石的特点及其对水泥生产的影响	4
第三节 煤矸石作原燃料生产水泥的配料	12
第四节 煤矸石作原燃料生产水泥的生产工艺	31
第五节 水泥性能	56
第六节 水泥的应用	63
第二章 煤矸石作水泥混合材料	67
第一节 煤矸石作水泥混合材料	67
第二节 煤矸石作水泥混合材料生产火山灰水泥	72
第三节 煤矸石作混合材料生产火山灰水泥的性能	78
第四节 应用	82
第三章 煤矸石无熟料水泥和煤矸石少熟料水泥	85
第二篇 煤矸石空心砌块	101
第一章 原材料和配合比	101
第一节 原材料	101
第二节 配合比	109
第二章 砌块的生产工艺	114
第一节 生产工艺流程	114
第二节 胶结料的生产	115
第三节 混合料的制备	124

第四节	砌块的成型	129
第五节	砌块的养护	137
第六节	成品堆放	146
第三章	砌块的性能	147
第一节	砌块的物理性能	148
第二节	砌块的力学性能	151
第三节	砌块的耐久性能	151
第四章	砌块建筑设计与施工	157
第一节	砌块规格与排列	157
第二节	砌块建筑的结构措施	170
第三节	砌块建筑的建筑处理	173
第四节	砌块建筑施工	174
第五节	砌块建筑的优点	179
第三篇	湿碾煤矸石混凝土制品	183
第一章	原材料和配合比	184
第一节	原材料	184
第二节	配合比	186
第二章	生产工艺	190
第一节	生产工艺流程	190
第二节	煤矸石的煅烧	191
第三节	湿碾	196
第四节	成型	198
第五节	蒸汽养护	200
第三章	制品的性能	202
第一节	煤矸石混凝土的性能	202
第二节	煤矸石混凝土构件的性能	205
第三节	煤矸石混凝土空心砌块的性能	211
第四章	煤矸石混凝土中钢筋的锈蚀	217
第一节	钢筋锈蚀的原因	217

第二节	煤矸石混凝土中钢筋锈蚀试验	218
第三节	对煤矸石混凝土中钢筋锈蚀问题的讨论	226
第五章	建筑物实例	227
第一节	三层试验性建筑	227
第二节	五层试验性建筑	228
第三节	六层办公楼	230

第一篇 煤矸石生产水泥

第一章 煤矸石作原燃料生产水泥

第一节 概 述

煤矸石作原燃料生产水泥是指利用煤矸石代替粘土（或矾土）作为硅铝质原料、节约部分优质燃料的一种生产水泥的新工艺技术。它有代土、节煤、无废渣、增产、生产适应性强和技术不难掌握等特点。

一、代土

尽管煤矸石由于煤层地质年代、地区、成矿条件、开采情况的不同，化学成分波动很大，但其灰分高却是共同点。因此被人视为废渣。煤矸石作原燃料生产水泥这一工艺技术则根据煤矸石的化学成分巧妙地设计了水泥熟料的化学成分，使煤矸石在煅烧水泥的过程中产生的灰渣全部成为原料组分与石灰石等原料化合，变成水泥熟料不可缺少的组分。

根据各地统计资料，凡占用农田开采粘土矿的，每生产一万吨水泥即需占地0.5亩左右。由于水泥生产不断发展，占地情况日益严重。假设到1985年，全国水泥产量超过八千万吨，其中有10%的水泥采用煤矸石代土这一新工艺，每年即可少占用400亩农田。加上用掉煤矸石后少占堆放土地（据统计，每15000~25000吨煤矸石即需占地一亩），又可多保存上百亩农田。因此广泛使用煤矸石作原燃料生产水泥这一工艺技术，对于支援农业，发展国民经济是很有益的。

二、节煤

煤矸石作为一种能源，当然是不够理想的，因为它的发热量确实很低。据分析，每公斤煤矸石的发热量一般在1000千卡以下，不到标准煤的七分之一。但是积少成多，如果全国每年排出的7000万吨煤矸石能利用1000万吨，则相当于增产了140万吨优质煤。从水泥生产搞节能来看，利用煤矸石也是有意义的。目前一般立窑水泥厂的热耗为900~1000千卡/公斤熟料，如采用发热量为1000千卡/公斤的煤矸石代土配料生产普通水泥时，约可带入200千卡/公斤熟料的热量，可节约20%以上由优质煤带入的热量。加上煤矸石易烧性好，实际热耗还可降低。生产特种水泥时，由于煤矸石用量多，节煤的效果就更显著。煤矸石代土配料在回转窑上煅烧，也可获得节煤的效果。因此无论从节煤或改进水泥生产的技术经济指标，都是值得推广的。

三、无废渣

煤矸石由于灰分高，在一般工业中作为燃料使用后排大量废渣，其体积几乎与煅烧前相等。每年使用10万吨煤矸石的厂，堆积煤渣约需占地五亩、污染环境，给广泛利用带来困难。可是用作生产水泥的原燃料，全部煤灰均转变成水泥的有效组分，并不产生废渣。而且还可在磨制水泥时吃掉少量燃烧过的煤矸石作为混合材，甚至将废渣作为骨料生产水泥制品，成为积极处理废渣的有效措施。

四、提高水泥产量

利用煤矸石代土在回转窑上烧水泥时，由于煤矸石带入的部分热量加强了生料的预烧，减轻了烧成带的热负荷，煤矸石配料后物料易烧性好，烧成温度亦有所降低，这些因素均可收到增产之效。

五、生产适应性强，技术不难掌握

用煤矸石生产水泥可以采用回转窑或立窑。

1. 用回转窑煅烧的情况

建材研究院用煤矸石代替全部粘土在试验窑上研究表明：物料易烧，反应完全（ $f\text{-CaO}$ 低）；烧成温度较低（料温 $1410\sim 1430^{\circ}\text{C}$ ，超过 1430°C 时物料就发粘）；增产、节能；水泥标号可达800号^①。煅烧喷射水泥等特种水泥时，也同样获得了易烧等技术效果。

湖南辰溪水泥厂与建材研究院合作进行的工业性试验表明：用煤矸石代替全部粘土在 $\phi 2.5/2.1\times 46.7$ 米和 $\phi 2.5/2.1\times 50$ 米带立筒预热器的两台中空干法回转窑上生产水泥，也获得了易烧、增产的效果。特别是烧低 $KH(0.81\sim 0.82)$ 、低 $C_3A(\leq 5\%)$ 的水泥熟料时，产量显著提高，而且并不结圈。

四川加华、重庆、渡口水泥厂，山西大同水泥厂采用少量煤矸石或煤渣代替粘土配料，都获得了一定的增产效果。

国外报道了英、波、比、苏、日等国用煤矸石代替部分粘土生产水泥获得节煤、降低成本等效果。比利时C.B.R.水泥厂不仅用于立波尔窑、而且用于新建年产达一百多万吨的多波尔窑。研究指出：煤矸石的易烧性与矿渣、粘土、泥灰岩、石英砂相比，仅次于矿渣。

以上情况说明：不论是大窑、小窑，干法窑、湿法窑，普通回转窑或带预热器、窑外分解器的回转窑，用煤矸石作原燃料生产水泥在技术上都是可能的，而且会获得相当的技术经济效益。

2. 用立窑煅烧的情况

用煤矸石代土在立窑上生产水泥，由于煤矸石等燃料燃

① 文中凡未注明者，均系用（硬练）旧标准。

烧后放出的热量主要是以固体传导传热方式传给物料，传热效率较高，对熟料形成有利。在回转窑中则以对流和辐射的方式传热，传热效率较低。煤矸石带入的热量在立窑中的利用效率要比回转窑（以不带预热分解器的窑为例）中的利用效率高。因此尽管立窑生产的熟料质量、劳动生产率都比不上回转窑，但在有效利用煤矸石中热量方面却有其独到之处。

立窑熟料的质量，与生产管理和技术水平有关。从许多立窑厂过去用好煤烧不出好水泥，但由于生产管理和技术水平的提高，用煤矸石、石煤等劣质煤配料也能稳定生产 400 号水泥，部分达到 500 号水泥。这个例子足以说明此点。同时也说明煤矸石作原燃料生产水泥的技术不难掌握。

目前，煤矿所属的水泥厂绝大部分是立窑厂。如果全国三千多家立窑厂在有条件的地方能用煤矸石或其他劣质煤代土生产水泥，并严格按照技术要求进行生产，对于满足当前对水泥的急需将会作出积极的贡献。因此，利用煤矸石作为原燃料在立窑上烧水泥具有现实价值，值得加以总结、推广，并在推广中不断提高。

本文重点介绍的就是利用煤矸石作为原燃料在立窑上烧水泥的生产技术。

第二节 煤矸石的特点及其对水泥生产的影响

煤矸石是夹在煤层间的脉石，在开采和洗选过程中被分离出来，通称煤矸石（洗选出来的煤矸石也称洗矸）。它实际上是含碳岩石（碳质页岩、碳质砂岩等，还有少量的煤）和其他岩石（页岩、砂岩、砾岩等）的混合物。随着煤层地质年代、地区、成矿情况、开采方法的不同，煤矸石的组成及其含量亦各不相同。为了利用煤矸石生产水泥，各地已做了大量

的调查和试验研究工作，研究其特点及对水泥生产的影响。

一、岩石特征与矿物组成

煤矸石与煤系地层共生，属于沉积岩类，一般的岩石种类有粘土岩类、砂岩类、碳酸盐类、铝质岩类几种。

粘土岩类在煤矸石中占有相当大的比例，尤以泥质页岩、碳质页岩、粉砂页岩等更为常见。其中主要矿物成分为粘土矿物，其次为石英、长石、云母等。

据贵州省建筑科学研究所对贵州几个主要煤矿的调查资料指出，煤矸石中泥质页岩、砂质页岩约占60%，碳质页岩占20%左右，其余为泥灰岩、灰岩、砂岩，还夹杂有少量的黄铁矿结核和煤。根据岩相分析，其主要矿物为粘土，其次是碳酸盐、长石、硫化物以及少量的玉髓、绿泥石、云母。

重庆建筑工程学院、四川永荣矿务局煤矸石制品研究小组研究了永荣矿务局的矸石和洗矸。该矿属于侏罗纪地层，矸石多为层状构造的泥质页岩、碳质页岩及砂质页岩。洗矸多为碳质页岩，具有一定的发热量。经岩相分析、X射线衍射分析和电子显微镜观察，矸石和洗矸的矿物组成除有机成分和石英外，主要是粘土矿物类的水云母、高岭石和绿泥石。

河北省邯郸峰峰矿务局一矿二矿混合煤矸石（1978年8月试验煤矸石生产水泥的堆场平均样）X射线衍射分析结果表明：主要是 α -石英（ α - SiO_2 ）和高岭石（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），还有少量 CaCO_3 和钙长石（ CaSi_2O_6 ，或斜长石）。

辽宁锦州南票矿务局的煤矸石，其X射线衍射分析结果主要是多铝红柱石（ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ）、 α -石英以及少量钙长石、鳞石英、硬石膏。

从以上资料来看，大多数煤矸石的矿物组成主要是粘土矿物和 α -石英。因此从理论上说是可以代替粘土生产水泥的。

二、煤矸石的化学成分

煤矸石的化学成分是根据岩石种类和矿物组成变化的。如粘土岩类煤矸石主要是 SiO_2 和 Al_2O_3 。 SiO_2 波动在40~60%， Al_2O_3 波动在15~30%。砂岩类煤矸石 SiO_2 含量最高，一般可达70%。铝质岩类 Al_2O_3 含量可达40%左右。碳酸盐煤矸石 CaO 含量可达30%左右。

化学成分是评价煤矸石性质、决定其利用途径的重要依据，由于含炭量变化等影响，烧失量时大时小，成分变化不易分辨。为了便于分析研究，统按灰分成分列举如下：

我国几种煤矸石的化学成分(%) 表 1-1

煤矸石产地	氧化硅 SiO_2	氧化铝 Al_2O_3	氧化铁 Fe_2O_3	氧化钙 CaO	氧化镁 MgO	备 注
北京王平村矿	53.60	34.60	9.17	1.16	0.91	石炭纪
木城涧矿	52.30	39.83	4.28	2.16	0.50	石炭纪
城子矿	63.00	20.40	6.30	2.08	2.40	侏罗纪
长沟峪矿	63.30	21.50	6.52	4.09	1.36	侏罗纪
沈阳红阳矿	55.20	36.40	3.05	1.61	1.93	
阜新高德矿	63.70	19.40	8.15	—	4.62	泥质页岩
南票赵家屯矿	48.60	42.00	3.81	2.42	0.33	洗 矸
抚顺龙凤矿	57.20	27.90	9.05	2.34	1.38	
邯郸峰峰矿	53.88	22.33	5.20	6.27	2.07	生产普通水泥
峰峰五矿	57.60	31.10	3.80	2.2	—	洗 矸
辽宁烟台矿	64.00	27.20	5.10	1.16	0.83	辽宁铔子水泥厂
山东肥城矿	60.90	22.41	6.76	2.94	1.70	
山东湖田矿	60.28	28.37	4.94	0.92	1.26	山东张店水泥厂
安徽烈山矿	65.60	28.80	2.13	1.05	0.61	宿县地区水泥厂
湖南辰溪矿	73.50	16.45	3.45	1.32	0.60	辰溪水泥厂
云南小龙潭矿	14.28	2.98	4.98	68.60	1.40	

由表可知，煤矸石灰分成分的变化很大。根据煤矸石生产水泥的特点，为了便于分析研究，可按灰分中对配料影响

较大的 Al_2O_3 含量多少大致分为低铝 ($20 \pm 5\%$)、中铝 ($30 \pm 5\%$)、高铝 ($40 \pm 5\%$) 煤矸石三类。

低铝煤矸石成分与粘土相似，用于生产普通水泥时，在配料上几乎与粘土配料相同。

使用中铝煤矸石生产水泥，熟料 Al_2O_3 含量可达 $7 \sim 8\%$ ，基本上仍与普通水泥相同。对于用 $\text{Al}_2\text{O}_3 > 30\%$ 的中铝煤矸石生产普通水泥，而当地石灰石质量又较好 (CaO 含量高， SiO_2 低) 时，则需根据当地原料情况进行具体分析。

对于高铝煤矸石，从资源利用方面看，宜用于生产特种水泥，因为这样可以代替矾土，合理利用高铝资源。但是为了尽可能多的处理煤矸石，只要当地原料条件许可 (如有低品位石灰石、铁矿石等)，应该生产需要量大的普通水泥。

据研究，各类煤矸石与经常用的石灰石 (按 CaO 含量大致分为三类)、铁粉搭配，按普通水泥和双快水泥 (快凝、快硬) 配料计算方法配料 (燃煤灰分包括在煤矸石灰分内一起计算)，可粗略地用表 1-2 表示熟料中 Al_2O_3 含量变化趋

表 1-2

煤矸石(灰分)	石 灰 石 $\text{CaO}\%$					
	53 ± 2		49 ± 2		≤ 47	
	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	品 种	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	品 种	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	品 种
	变 化 趋 势					
低 铝 20 ± 5	7 左右	普通水泥 喷射水泥	≤ 7	抗硫酸盐水泥 普通水泥	≤ 6	油井水泥 抗硫酸盐水泥
中 铝 30 ± 5	$7 \sim 10$	普通水泥 (高铝) 喷射水泥	≤ 8	普通水泥 (高铝)	≤ 7	普通水泥
高 铝 40 ± 5	≥ 10	喷射水泥 双快水泥	$7 \sim 10$	普通水泥 (高铝) 喷射水泥	≤ 8	普通水泥 (高铝)

势及可能得到的水泥品种：

由于各地石灰石含硅量有多有少，铁粉等辅助原料质量悬殊，煤矸石成分更是各不相同，因此上表只能供作估计变化趋势，不能作为设计依据。

三、煤矸石的发热量

采用煤矸石作原燃料生产水泥，除代替粘土质原料外，还代替部分以至全部燃料。对于不同发热量的煤矸石，应采取不同的措施：发热量低，需要根据烧成要求掺用部分优质煤；发热量正好满足烧成需要的，则需十分注意保持稳定，以免影响烧成；发热量高，则需在配料上采取相应措施，避免浪费热能。因此，煤矸石的发热量是评定煤矸石质量的重要指标，也是在计算配料时必不可少的基本数据。

煤矸石的发热量，过去曾采用高特（另译：郭特尔，Goutal）公式计算，因对高灰分燃料的计算误差过大（几乎偏高1000~3000卡/克），故不能采用。现根据煤炭科学研究院研究的经验公式计算。

利用工业分析结果计算高灰分（ $A^f > 45\%$ ）无烟煤（即无烟煤中的夹矸或矸石）高位发热量 Q_{gw}^f 的半经验公式：

$$Q_{gw}^f = 80C_{gd}^f + 50V^f - 3A^f$$

C_{gd}^f 、 V^f 、 A^f 分别代表煤矸石分析基的固定碳、挥发分、灰分含量。

从煤中含碳量的燃烧热推算，每0.01克的含碳量约生成80卡的热量，对高变质煤即可由固定碳来代替其碳含量进行计算。根据经验，每0.01克的挥发分（高灰分无烟煤）能生成50卡热量。灰分在矿物质分解时所吸收的热量，根据经验每0.01克约需3卡热量。

利用工业分析结果计算高灰分（ $A^f > 45\%$ ）烟煤（即